

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

DERWENT-ACC-NO: 2000-260952

DERWENT-WEEK: 200023

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Ultrasonic flaw detection system for welded steel structure, has sensor between elastic bodies to detect pressure applied in elastic body and position controller, to adjust probe position based on detected pressure

PATENT-ASSIGNEE: MITSUBISHI JUKOGYO KK[MITO]

PRIORITY-DATA: 1998JP-0232059 (August 18, 1998)

PATENT-FAMILY: PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP 2000065807 A	March 3, 2000	N/A	006	G01N 029/10

APPLICATION-DATA: PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
JP2000065807A	N/A	1998JP-0232059	August 18, 1998

INT-CL (IPC): G01N029/10

ABSTRACTED-PUB-NO: JP2000065807A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - Pressure sensor (11) attached between elastic bodies (5,6), detects pressure distribution secured in elastic bodies. Position controller adjusts position of probe (12), depending on pressure detected by pressure sensor.

USE - For flaw detection of welded steel structure, thickness measurement of welded structure.

ADVANTAGE - Position of probe opposing to examining surface is adjusted, depending on pressure detected by pressure sensor, thereby thickness of heat affected zone of welded metal is measured reliably. DESCRIPTION OF DRAWING(S)
- The figure shows the side view of ultrasonic flaw detection system. (5,6) Elastic bodies; (11) Pressure sensor; (12) Probe.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/6

TITLE-TERMS: ULTRASONIC FLAW DETECT SYSTEM WELD STEEL STRUCTURE SENSE ELASTIC BODY DETECT PRESSURE APPLY ELASTIC BODY POSITION CONTROL ADJUST PROBE POSITION BASED DETECT PRESSURE

DERWENT-CLASS: S03

EPI-CODES: S03-E08A; S03-E14C3A;

SECONDARY-ACC-NO:
Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2000-194461

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-65807

(P2000-65807A)

(43) 公開日 平成12年3月3日(2000.3.3)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 1 N 29/10

識別記号

5 0 5

F I

G 0 1 N 29/10

テーマコード(参考)

5 0 5 2 G 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-232059

(22) 出願日 平成10年8月18日(1998.8.18)

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 常脇 寛

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

(72) 発明者 西崎 信

神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三

菱重工業株式会社神戸造船所内

(74) 代理人 100092978

弁理士 真田 有

Fターム(参考) 2G047 AB07 BC07 BC18 EA10 EA11

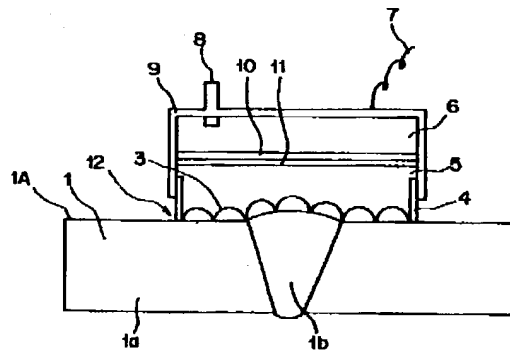
GA05 GA13 GA18

(54) 【発明の名称】 超音波探傷システム

(57) 【要約】

【課題】 超音波探傷システムに関し、被検体の溶接部との位置関係に応じてプローブの位置、姿勢を調整することにより、溶接部の両端の肉厚を確実に測定できるようにする。

【解決手段】 被検体1の被検面1Aの形状に応じて回転変位可能な複数の超音波センサ3と超音波センサ3を付勢する弾性体5、6とからなるプローブ12をそなえ、プローブ12を被検面1Aに設置して超音波センサ3を弾性体5、6の付勢力により被検面1Aに密着させ、超音波センサ3から発信する超音波により被検体1の探傷を行なう超音波探傷システムにおいて、弾性体5、6間に、弾性体内に生じる2次元圧力分布を検出する2次元圧力センサ11をそなえとともに、2次元圧力センサ11が検出した2次元圧力分布に応じてプローブ12の被検面1Aに対する位置、姿勢を制御する位置姿勢調整手段をそなえる。



- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1 --- 被検体 | 6 --- 弾性体 |
| 1A --- 被検面 | 7 --- ケーブル |
| 1a --- 母材部 | 8 --- 水供給ノズル |
| 1b --- 溶接部 | 9 --- ケース |
| 3 --- 超音波センサ(圧力センサ) | 10 --- 2次元圧力分布検出弾性板 |
| 4 --- 支持具 | 11 --- 2次元圧力センサ |
| 5 --- 弾性体 | 12 --- プローブ |

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被検体の被検面の形状に応じて回転変位可能な複数の超音波センサと該超音波センサを該被検面側へ付勢する弾性体とからなるプローブをそなえ、該プローブを該被検面に設置して該超音波センサを該弾性体の付勢力により該被検面に密着させ、該超音波センサから発信する超音波により該被検体の探傷を行なう超音波探傷システムにおいて、
該弾性体に、該弾性体内に生じる2次元圧力分布を検出する2次元圧力センサがそなえられるとともに、
該2次元圧力センサが検出した2次元圧力分布に応じて該プローブの該被検面に対する位置、姿勢を制御する位置姿勢調整手段がそなえられたことを特徴とする、超音波探傷システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、部材の溶接部の両端の肉厚測定に用いて好適の、超音波探傷システムに関する。

【0002】

【従来の技術】貯槽等の鉄鋼構造物の供用期間中の検査として、被検体内部に超音波を伝播させ被検体内部の肉厚を測定することが行なわれている。この測定手段としては、従来より超音波探触子が広く用いられている。図5は、こうした従来の超音波探触子による測定手法の概略を示す模式図であり、図5に示すように、被検体1の表面（被検面）1Aに設置した超音波探触子22から被検体1内部に超音波パルスを発信し、発信した超音波パルスが被検体1の裏面1Bで反射されて戻ってくるまでの時間に基づき被検体1の肉厚を測定するようになっている。測定は所定の検査箇所について行なわれ、この検査箇所には、平坦な母材1aのみならず余盛のある溶接部1bも含まれている。

【0003】ところが、溶接部1bは余盛があってその表面は平坦ではなく、これに対して、超音波探触子22の探触面は平面で構成され、しかも、一般に超音波探触子22は余盛表面の曲率を無視できるほどは溶接部1bの幅に対して幅狭ではないため、溶接部1bに接地したときには非接触部分ができてしまい、有効な肉厚測定を行なうことは難しい（符号22'で示す状態）。

【0004】そこで、このような余盛のある溶接部1bを有する被検体1の肉厚測定には、超音波探触子自体を薄形狭幅化することによって溶接部1bへの安定した接触を可能にした装置（超音波探傷システム）が使用されている。図6は、従来の超音波探傷システムの構成について示すものであり、プローブ30に複数の薄形狭幅な超音波センサ（薄形狭幅センサ）23をそなえ、それらを互いに回転可能に螺着し、両端の薄形狭幅センサ23を支持具24で支持している。そして、薄形狭幅センサ23の傾動を許容しながら被検面に密着させるため、

薄形狭幅センサ23の傾動状態に応じて収縮可能な弾性体25、26をプローブ30を収納するケース29内に充填している。なお、27は薄形狭幅センサ23の検出信号を出力するためのケーブルであり、28は水供給ノズルである。

【0005】このような構成によって、従来の超音波探傷システムを余盛のある溶接部1bを有する被検体1に設置した場合には、溶接部1bの盛り上がり状態に応じて薄形狭幅センサ3が回転して密着するので、溶接部1bでも有効に肉厚測定を行なうことができるのである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、超音波探傷システムにより被検体1の肉厚測定を行なう場合、被検体1の上を自動的に移動させることによる自動測定が行なわれる。したがって、熱影響の大きい溶接部1bの両端の肉厚測定を行なう場合には、溶接部1bの余盛に沿って移動させる必要がある。

【0007】しかしながら、従来の超音波探傷システムでは、プローブ30と溶接部1bとの位置関係について検出する手段を何ら有しておらず、このため、溶接部1bの中心線方向に対してプローブ30の移動方向にずれが生じている場合には、本来予定している測定箇所を有効に測定できないという課題があった。本発明はこのような課題に鑑み創案されたもので、被検体の溶接部との位置関係に応じてプローブの位置、姿勢を調整することにより、溶接部の両端の肉厚を確実に測定できるようにした、超音波探傷システムを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の超音波探傷システムは、被検体の被検面の形状に応じて回転変位可能な複数の超音波センサと該超音波センサを該被検面側へ付勢する弾性体とからなるプローブをそなえ、該プローブを該被検面に設置して該超音波センサを該弾性体の付勢力により該被検面に密着させ、該超音波センサから発信する超音波により該被検体の探傷を行なう超音波探傷システムにおいて、該弾性体に、該弾性体内に生じる2次元圧力分布を検出する2次元圧力センサがそなえられるとともに、該2次元圧力センサが検出した2次元圧力分布に応じて該プローブの該被検面に対する位置、姿勢を制御する位置姿勢調整手段がそなえられたことを特徴としている。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明すると、図1～図4は本発明の一実施形態としての超音波探傷システムについて示しており、図1はその構成を示す模式図である。本超音波探傷システムは、余盛のある溶接部を有する被検体の、溶接部両端の熱影響部の肉厚測定に用いられる超音波探傷システムである。このため、本超音波探傷システムでは、図1に

示すように、互いに回転可能に螺着された複数の薄形狭幅な超音波探触子（薄形狭幅センサ）3がそなえられており、両端の薄形狭幅センサ3は支持具4で支持されている。そして、薄形狭幅センサ3の内側には、弾性体5、6がそなえられており、弾性体5、6は、薄形狭幅センサ3の傾斜状態に応じて収縮して、薄形狭幅センサ3の検査面が被検体1の被検面1Aに沿って傾動し被検面1Aに密着するように、薄形狭幅センサ3を付勢するようになっている。

【0010】また、弾性体5と弾性体6との間には、2次元圧力センサ11と2次元圧力センサ保持弾性板10とが挟装されている。2次元圧力センサ11は、被検面1Aの形状に応じて薄形狭幅センサ3が変位、傾動したときに、弾性体5及び弾性体6の変形に応じて生じる圧力の分布を検出するためにそなえられ、2次元圧力センサ保持弾性板10は、弾性体5と弾性体6との間での2次元圧力センサ11の形状及び位置姿勢を所定状態に保持して、2次元圧力センサ11の計測精度を向上させるためにそなえられている。

【0011】そして、これらの薄形狭幅センサ3、支持具4、弾性体5、弾性体6、2次元圧力センサ11、2次元圧力センサ保持弾性板10によりプローブ12が構成され、ケース9内に収納されている。なお、7はケーブルであり、薄形狭幅センサ3の検出信号や2次元圧力センサ11の検出信号はこのケーブル7を介して出力されるようになっている。8は水供給ノズルである。

【0012】また、図示はしていないが、ケース9は複数の関節軸からなる位置姿勢調整手段に支持されており、図示しない各関節を適宜回転させることによってプローブ12の被検体1に対する位置、姿勢が調整されるようになっている。さらに、2次元圧力センサ11の検出信号からプローブ12の被検体1に対する位置、姿勢を検出し、その検出結果に基づいて上記の位置姿勢調整手段の各関節軸の回転角を制御する制御用計算機もそなえられている（図示略）。

【0013】本発明の一実施形態としての超音波探傷システムは上述のように構成されているので、余盛のある溶接部の両端の肉厚測定は以下のようにして行なう。まず、図2に示すように、本超音波探傷システムのプローブ12を被検体1の溶接部1b上に設置する。このとき、プローブ12の進行方向（X'方向）、即ち、測定方向が溶接部1bの溶接線方向（X方向）を向き、プローブ12の中心位置が溶接部1bの中心部付近になるように大まかな位置調整を行なう。なお、図2では、ケース9を省略して内部のプローブ12のみを図示している。

【0014】プローブ12を溶接部1b上に設置することにより、プローブ12の下面にそなえられる薄形狭幅センサ3は、溶接部1bに押しつけられ、溶接部1bに密着するように溶接部1bの形状に応じて変位、回転す

る。この薄形狭幅センサ3の変位、回転は、弾性体5及び弾性体6にZ'軸方向の歪みを生じさせ、弾性体5及び弾性体6には、生じた歪みの大きさに応じた応力が発生する。この応力は、弾性体5と弾性体6との間に挟装される2次元圧力センサ11にも圧力として作用し、2次元圧力センサ11は、このときに作用する圧力の2次元分布を検出する。

【0015】このとき、2次元圧力センサ11により検出される2次元圧力分布は、例えば、図3に示すようになる。図3において、Z'軸方向の大きさは2次元圧力センサ11に作用する圧力の大きさを示しており、高さが等しい部分では作用する圧力は等しい。また、圧力の大きさは、その部分において弾性体5及び弾性体6に生じる歪みの大きさに比例し、歪みの大きさは、薄形狭幅センサ3のZ'軸方向への変位量に比例する。このため、図3における2次元圧力分布は、そのまま薄形狭幅センサ3が接触する部分における溶接部1bの形状（ある基準面に対する高さの偏差）を示しているといえる。

【0016】図3に示す場合では、薄形狭幅センサ3が被検体1の母材1aに当接している部分での圧力分布は一定になっており、溶接部1bに当接している部分では山形の圧力分布であって山の稜線の方向はX'軸方向、即ち、プローブ12の進行方向と一致している。また、山の稜線のY'軸座標は0となっている。これは、プローブ12と被検面1Aとが平行になっており、且つ、プローブ12の進行方向が溶接部1bの中心線方向に向いていることを示している。また、Y'軸座標は、プローブ12の中心線からの距離に対応しているので、溶接部1bの中心線上にプローブ12の中心が位置するように設置されていることを示している。

【0017】したがって、プローブ12が被検面1Aに平行に設置されていない場合には、母材1aに当接している部分での圧力分布は一定の高さの水平面とはならず、一定の傾きで傾斜する傾斜面となる。また、プローブ12の進行方向が溶接部1bの中心線方向に一致していない場合には、溶接部1bに当接している部分での山形圧力分布の稜線の方向もX'軸方向と一致しない。さらに、プローブ12の設置位置が溶接部1bの中心線からずれている場合には、山形圧力分布の稜線のY'軸座標は0とはならない。

【0018】つまり、2次元圧力センサ11により検出される2次元圧力分布により、プローブ12の溶接部1bに対する位置、姿勢を検出することができるのである。プローブ12の溶接部1bに対する位置、姿勢は上述のようにして検出されるが、検出されたプローブ12の相対的位置、姿勢が測定中常に適正になるように、即ち、測定中にプローブ12の中心位置が溶接部1bの中心線上からずれないように制御する必要がある。この制御は、例えば、図4に示すようなフローに従って行なわれる。

【0019】まず、各関節軸の目標回転角 θ_i が予め記憶された制御データテーブルから、今回の測定ポイント(n点目)に応じた目標回転角 $\theta_i(n)$ を読み込む。この目標回転角 $\theta_i(n)$ は、溶接部1b上の測定ポイント(n)において、プローブ12をその中心が溶接部1bの中心線上に位置し、且つ、その進行方向と溶接線方向とが一致するように設置した場合に、各関節軸がとるであろう回転角を予め予測し算出したものである。また、目標回転角 $\theta_i(n)$ を読み込んだ後、次の測定にそなえて測定ポイント数nを加算しておく($n=n+1$) (以上、ステップS10)。

【0020】目標回転角 $\theta_i(n)$ の読み込みが完了すると、次に、2次元圧力センサ11の検出値、即ち、測定ポイント(n)における2次元圧力分布を制御用計算機に読み込む(ステップS20)。そして、検出した2次元圧力分布から測定ポイント(n)におけるプローブ12と溶接部1bとの位置、姿勢の偏差($\Delta x, \Delta y, \Delta z, \Delta \phi_x, \Delta \phi_y, \Delta \phi_z$)を算出する。ここで、 Δ^*

$$\Delta \theta_i(n) =$$

$$J^{-1}(\Delta X_0, \Delta Y_0, \Delta Z_0, \Delta \phi_x, \Delta \phi_y, \Delta \phi_z)^T \cdots (1)$$

(1)式において、Jは位置姿勢制御手段の構造により決まる行列であり、位置姿勢制御手段が有する関節軸が6自由度であれば、Jは6×6行列となる。(以上、ステップS40)。

【0023】偏差($\Delta x, \Delta y, \Delta z, \Delta \phi_x, \Delta \phi_y, \Delta \phi_z$)に基づき補正角 $\Delta \theta_i(n)$ が算出されると、次に、算出した補正角 $\Delta \theta_i(n)$ を目標回転角 $\theta_i(n)$ に加算することにより、各関節軸に対する回転角指令値 $\theta_{io}(n)$ [$=\theta_i(n) + \Delta \theta_i(n)$]を算出する(ステップS50)。そして、現時点における各関節軸の実回転角度 θ_{ir} と、算出した回転指令値 $\theta_{io}(n)$ との差に比例定数kを乗算することにより、各関節軸の回転速度に対する速度指令値 $\omega_{io}(n)$ [$=(\theta_{ir} - \theta_{io}(n)) \times k$]を算出する。なお、各関節軸の実回転角度 θ_{ir} は、各関節軸にそなえられる回転角度センサにより検出される(ステップS60)。

【0024】算出した速度指令値 $\omega_{io}(n)$ は、各関節軸の回転角を制御するサーボアンプに出力され、サーボアンプは速度指令値 $\omega_{io}(n)$ に応じて各関節軸を回転駆動する。これにより、プローブ12の溶接部1bに対する位置、姿勢は、その中心が溶接部1bの中心線上に位置し、且つ、その進行方向と溶接線方向とが一致するように調整される(以上、ステップS70)。

【0025】こうしてプローブ12が溶接部1bに対して適正な位置に設置されたところで、薄形狭幅センサ3による超音波探傷によって、溶接部1b及びその両端の熱影響部の肉厚測定を行なう(ステップS80)。以上のステップS10～80の処理を、全ての測定ポイント(n_0)における測定が完了するまで繰り返して行なうことにより、測定中にプローブ12の中心位置が溶接部1

*x, $\Delta y, \Delta z$ は、被検体1上に設定された座標系0-X'Y'Z'に対する、プローブ12に設定された座標系0'-X''Y''Z''の並進偏差であり、 $\Delta \phi_x, \Delta \phi_y, \Delta \phi_z$ はその回転偏差である。また、座標系0-X'Y'Z'は、溶接部1bの溶接線方向をX軸とし被検面1Aに垂直な方向をZ軸としており、座標系0'-X''Y''Z''は、プローブ12の下面、即ち、非傾斜時の薄形狭幅センサ3の検出面に垂直な方向をZ'軸としている(以上、ステップS30)。

【0021】次に、算出した偏差($\Delta x, \Delta y, \Delta z, \Delta \phi_x, \Delta \phi_y, \Delta \phi_z$)に基づき、目標回転角 $\theta_i(n)$ の補正角 $\Delta \theta_i(n)$ を算出する。この補正角 $\Delta \theta_i(n)$ は、プローブ12の中心が溶接部1bの中心に位置し、且つ、プローブ12の軸方向と溶接線方向とが一致するように、目標回転角 $\theta_i(n)$ を補正するための補正量であり、例えば、次のような式により算出される。

【0022】

※bの中心線上からずれることなく、確実に溶接部1b及びその両端の熱影響部の肉厚測定が行なわれる(ステップS90)。

【0026】このように、本超音波探傷システムによれば、プローブ12内の弾性体5と弾性体6との間に2次元圧力センサ11をそなえているので、溶接部1b上に設置したときに溶接部1bとの位置関係に応じて生じる弾性体5及び弾性体6の2次元圧力分布を検出することができ、これに基づきプローブ12の溶接部1bに体する位置姿勢の偏差を検出することができるという利点がある。

【0027】そして、検出したプローブ12の溶接部1bに体する位置姿勢の偏差に基づいて、プローブ12を支持する位置姿勢調整手段の各関節軸の回転角度をリアルタイムに補正することができるので、常にプローブ12の中心が溶接部1bの中心線上に位置し、且つ、その進行方向と溶接線方向とが一致するようにプローブ12の位置、姿勢を制御することができ、溶接部1bの両端の熱影響部の肉厚測定を確実に安定して行なうことができるという利点がある。

【0028】なお、本発明の超音波探傷システムは、上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で種々変形して実施できることは言うまでもない。

【0029】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の超音波探傷システムによれば、2次元圧力センサによって超音波センサの付勢時に弾性体内に生じる圧力分布を検出し、検出した圧力分布に基づき、プローブの被検面に対する位置、姿勢を制御することができるので、余盛のある溶

7

接部の両端の熱影響部の肉厚測定を行なう場合には、常にプローブの中心が溶接部の中心線上に位置し、且つ、その進行方向と溶接線方向とが一致するように位置、姿勢を制御して、溶接部の両端の熱影響部の肉厚測定を確実に安定して行なうことができるという利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態としての超音波探傷システムの構成を示す模式図である。

【図2】本発明の一実施形態としての超音波探傷システムによる被検体の溶接部の測定を説明するための説明図である。

【図3】図2の状態におけるプローブ内の2次元圧力分布の概念図である。

【図4】本発明の一実施形態としての超音波探傷システムにかかる測定処理の流れを示すフロー図である。

【図5】従来の超音波探傷子の構成を示す模式図である。

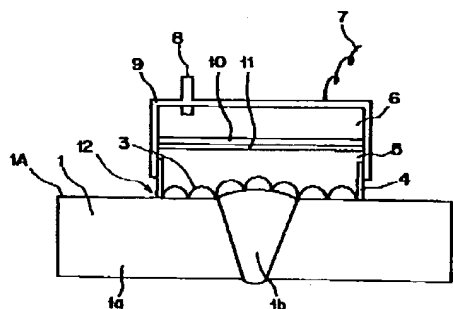
8

【図6】従来の超音波探傷システムの構成を示す模式図である。

【符号の説明】

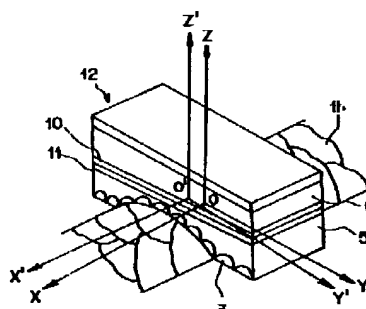
- 1 被検体
- 1A 被検面
- 1a 母材
- 1b 溶接部
- 3 薄形狭幅センサ（超音波センサ）
- 4 支持具
- 5, 6 弾性体
- 7 ケーブル
- 8 水供給ノズル
- 9 ケース
- 10 2次元圧力センサ保持弾性板
- 11 2次元圧力センサ
- 12 プローブ
- 22 超音波探傷子

【図1】



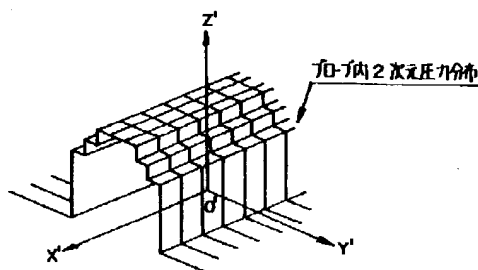
- 1 被検体
- 1A 被検面
- 1a 母材部
- 1b 溶接部
- 3 薄形狭幅センサ（超音波センサ）
- 4 支持具
- 5 弾性体
- 6 弾性体
- 7 ケーブル
- 8 水供給ノズル
- 9 ケース
- 10 2次元圧力センサ保持弾性板
- 11 2次元圧力センサ
- 12 プローブ

【図2】

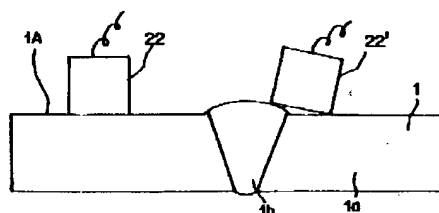


- 1b 溶接部
- 3 薄形狭幅センサ（超音波センサ）
- 5 弾性体
- 6 弾性体
- 10 2次元圧力センサ保持弾性板
- 11 2次元圧力センサ
- 12 プローブ

【図3】

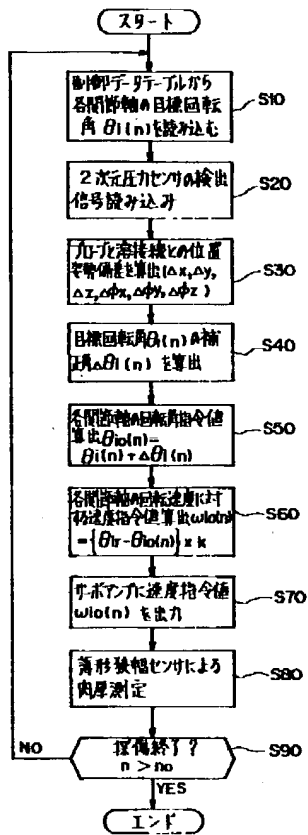


【図5】



- 1 被検体
- 1A 被検面
- 1a 母材部
- 1b 溶接部
- 22, 22' 超音波探傷子

【図4】



【図6】

